

D4

Meinke · Gundlach

---

Taschenbuch der  
**Hochfrequenztechnik**  
Grundlagen, Komponenten,  
Systeme

Fünfte, überarbeitete Auflage

Herausgegeben von  
K. Lange und K.-H. Löcherer

Mit 1214 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo  
Hong Kong Barcelona Budapest

Professor Dr.-Ing. Klaus Lange  
Theoretische Elektrotechnik  
Universität der Bundeswehr München  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
8014 Neubiberg

Professor Dr.-Ing. Karl-Heinz Löcherer  
Institut für Hochfrequenztechnik  
Universität Hannover  
Appelstr. 9A  
3000 Hannover

B 21/6143  
BIBLIOTHEK  
DES DEUTSCHEN  
PATENTAMTES  
17. NOV. 1992

ISBN 3-540-54717-7. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme  
*Taschenbuch der Hochfrequenztechnik*/Meinke ; Gundlach.  
Hrsg. von K. Lange und K.-H. Löcherer. – 5., überarb. Aufl. –  
Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ; Paris ; Tokyo ;  
Hong Kong ; Barcelona ; Budapest : Springer, 1992  
ISBN 3-540-54717-7

NE: Meinke, Hans Heinrich [Hrsg.]; Hochfrequenztechnik

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1992.  
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

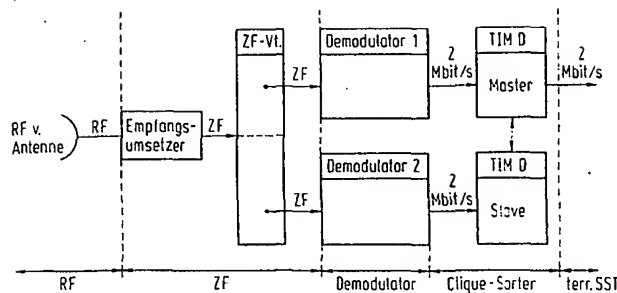
Satz: Daten- und Lichtsatz-Service, Würzburg  
Druck: H. Meenemann, Berlin, Bindearbeiten: Lüderitz & Bauer GmbH, Berlin  
62/3020-5 4 3 2 1 0

Mit

Wegen  
chen l  
angege

Adels  
Blum,  
Bretti  
Büchs  
Dalic  
Damb  
Denn  
Detlei  
Dinte  
Dörin  
Domh  
Eden,  
Espre  
Fliege  
Gier,  
Groll,  
Gundl  
Heck  
Hoffn  
Holln  
Homb  
Horni  
Humr  
Janze  
Klein  
Krum  
Kügler  
Kühn.  
Lands  
Lange  
Lange  
Linde  
Linge  
Löcher  
Loren  
Lüke,  
Lustig  
Maur  
Mehn  
Nosse  
Ochs,  
Peterl  
Peteri  
Petty  
Petten

NA 031 2 4 = 5

Bild 3. Claque-Sorter der Empfangsseite ( $2 \times 2 \text{ Mbit/s} \rightarrow 2 \text{ Mbit/s}$ )

kanalkapazität zugänglich (Poolbildung). Tritt der Wunsch nach einer Nachrichtenverbindung auf, können beliebige innerhalb des gemeinsam genutzten Übertragungskanals freie Kanäle benutzt werden, weil alle nicht genutzten Kanäle an den „Pool“ zurückgegeben werden. Auch dies führt zu einer besseren Nutzung des Übertragungskanals.

Als praktisches Beispiel kann das bei „Intelsat“ eingeführte digital modulierte SCPC-System betrachtet werden [6, 7]. Verfahren mit fester Kanaluordnung und mit bedarfsweiser Kanaluordnung kommen zur Anwendung. Die Systemparameter sind in Tab. 1 dargestellt. Das System mit bedarfsweiser Kanaluordnung ist unter dem Namen SPADE (Single channel per carrier PCM multiple Access Demand assignment Equipment) bekannt (Bild 2).

Bei Einzelträgersystemen wird die Zahl der zugreifenden Träger so groß, daß eine sorgfältige Auslegung notwendig ist. Die Intermodulationsgeräusche hängen stark von der Lage der verschiedenen Träger ab. Die kleinsten Intermodulationsgeräusche ergeben sich bei der mit „Babcock spacing“ [8] bezeichneten nichtlinearen Verteilung, wie sie z. B. beim MARISAT-System [8] verwendet wird.

Durch den Einsatz von digitaler Modulation haben FDMA-Systeme wieder größere Bedeutung erlangt. In den INTELSAT-Netzen werden IBS- (Intelsat Business Services) [9] und IDR- (Intermediate Data Rate) Dienste [10] und bei EUTELSAT werden SMS- (Satellite Multi Service) Dienste [11] angeboten. Besonders vorteilhaft ist beim Einsatz dieser Systeme die flexible Anpassungsmöglichkeit an geänderte Verkehrsbeziehungen sowie die einfache und damit robuste Technik. In Bild 3 ist die Funktion der Ein- und Auskopplung für Punkt- zu Mehrpunkt-Verbindungen dargestellt. Dabei werden die ZF-Signale von solchen Verbindungen zwei Demodulatoren zugeführt. Nach der Demodulation werden die gewünschten Zeitschlitze entsprechend den vorgegebenen Verkehrsbeziehungen durch die TIMs (Terrestrial Interface Module) zu einem gemein-

samen 2 Mbit/s-Datenstrom zusammengeführt. Diese Dienste werden für Bitraten zwischen 48 kbit/s und 8448 kbit/s eingesetzt. Für eine Gegenüberstellung mit anderen Vielfachzugriffsverfahren s. 5.5.

### 5.3 Vielfachzugriff im Zeitmultiplex (TDMA)

#### Time division multiple access

Beim Vielfachzugriff im Zeitmultiplex senden die Teilnehmer periodisch *Impulsbündel (Bursts)* aus. Die Sendezeitpunkte der von den verschiedenen Teilnehmern abgeschickten Impulsbündel sind so gegeneinander verschoben, daß sich die Bursts am Eingang des gemeinsamen Verstärkers möglichst lückenlos aneinander anreihen, ohne sich jedoch gegenseitig zu überlappen. Dies wird dadurch erreicht, daß jeder Teilnehmer seinen Burst in bezug zu einem Referenzburst absendet und die Sendezeitpunkte des eigenen Bursts mit Hilfe des Referenzbursts kontrolliert und korrigiert. Eine Serie von Kontrollprozessen dieser Burstphase(n) wird als *Burstsynchronisation* bezeichnet.

Zu jedem Zeitpunkt liegt immer nur das Signal eines einzigen Teilnehmers am Eingang des Empfängers an. Störende Intermodulationsprodukte treten selbst bei hoher Aussteuerung nicht auf.

Bedingt durch Frequenzversatz und sonstige Veränderungen muß sich der Empfänger auf jedes eintreffende Impulsbündel neu synchronisieren.

Entsprechend Bild 4 kann sich der Pulsrahmen je nach Anzahl und Verkehrsaufkommen der zugreifenden Teilnehmer in unterschiedliche Impulsbündel gliedern; diese sind durch Schutzabstände getrennt. Jedes Impulsbündel enthält nicht nur die zu übertragenden Nutzdaten, sondern davor noch die Präambel, bestehend aus Synchronisiervorlauf, Burstbeginnkennzeichen,

Docket # L81-I0045

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant: Ulrich Böbel et al.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

O 54 O Modulation und Demodulation

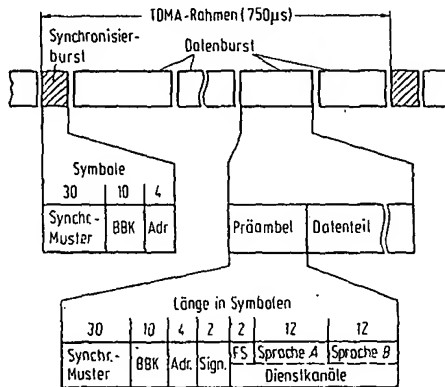


Bild 4. Rahmen- und Burstformat (Beispiel TDMA-S2)

Absenderadresse, evtl. systeminterne Datenkanäle.

Der Synchronisiervorlauf ist eine festliegende Codefolge, mit der eine schnelle Träger- und Taktsynchronisierung ermöglicht werden soll. Da es unbekannt bleibt, an welcher Stelle des Vorlaufs der Empfänger synchronisiert hat, muß durch das Burstbeginnkennzeichen eine Stelle im Bitstrom genau gekennzeichnet werden.

Das Blockschaltbild einer Endstelle des Systems TDMA-S1 ist in Bild 5 vereinfacht dargestellt. Dieses System war für die Übertragung von PCM-codierten Sprechkanälen vorgesehen. Als PCM-Einrichtungen kommen Multiplexgeräte des Systems PCM 30 zum Einsatz [12]. Die Codierer und Decodierer arbeiten kontinuierlich; die Anpassung an den Burstbetrieb auf der Strecke geschieht über Zwischenspeicher. Die Burstphasenregelung ist ein Teil der Ablaufsteuerung.

Durch diese werden die sendeseitigen Zwischenspeicher zum richtigen Zeitpunkt mit der Systembitrate ausgelesen.

Das System erlaubt den Betrieb mit richtungsvariablen Kanälen. Über die Zeichenkanäle tauschen die Stationen untereinander Informationen aus. Dadurch wird erreicht, daß in die empfangsseitigen Zwischenspeicher nur die Partnerkanäle der eigenen Sendekanäle aufgenommen werden. Sende- und empfangsseitige Zwischenspeicher haben also die gleiche Größe. Durch ein azyklisches Ansteuern der Kanalverteilerschalter wird auf einfache Weise die Vierdrahtbildung (Vermittlung) erreicht.

Die Rahmenaufteilung kann während des Betriebs mit Hilfe einer speziellen Zeichengabe laufend geändert werden. Dadurch ist die Betriebsart „variable Kapazität“ möglich.

Will eine Station neu auf ihren Platz im Rahmen zugreifen (Erstzugriff), so wird die richtige Sendephase mit Hilfe einer unterlagerten PN-Folge bestimmt, welche die anderen Stationen nicht stört.

TDMA-S1 wurde von AEG-Telefunken, Siemens AG und Standard Elektrik Lorenz AG (SEL) unter Federführung von SEL im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft entwickelt und 1971 erfolgreich getestet [13, 14].

Einen Vergleich mit amerikanischen (seit 1966) und japanischen Versuchssystemen dieser Forschungsphase (erste Generation) findet man in [15].

Basierend auf diesen Erkenntnissen ist in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Prototypen und betriebsfähigen Systemen entstanden. Zunehmend Bedeutung findet dieses Zugriffsverfahren bei der Mobilkommunikation und Systemen zur Versorgung ländlicher Gebiete [16].

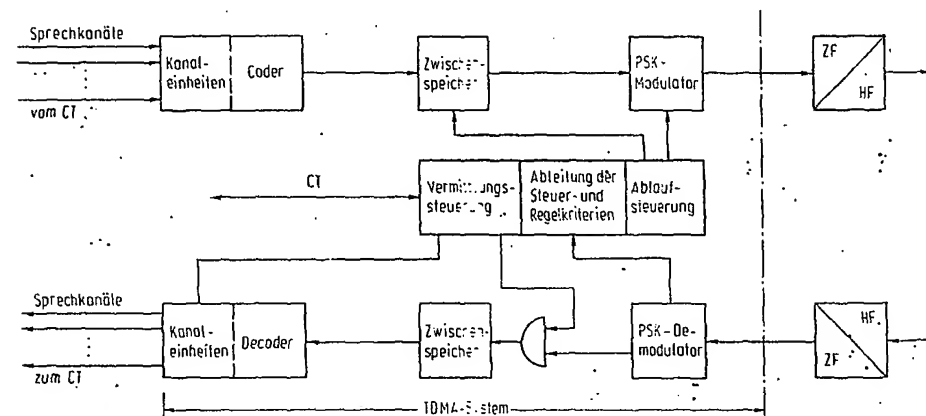


Bild 5. TDMA-S1 Endstelle